

AN: PAT 1987-144254  
TI: Fluid-cooled electric motor for omnibus propulsion drive  
has separate cooling space within rotor and around outside of  
stator  
PN: **DE3601089-A**  
PD: 21.05.1987  
AB: The motor has the stator winding packet (16) enclosed by a  
hollow cylindrical cooling space (17), with a further  
hermetically sealed cooling space (18) within the rotor (14).  
The rotor cooling space (18) is formed by a separate rotating  
sealed pipe containing a heat conductive medium, with heat  
transfer from the latter to the motor cooling circuit via a  
further cooling space (23) enclosing an end of the pipe. The  
cooling circuit pref. contains water which is circulated  
through the stator cooling space (17) and the further cooling  
space (23) via a pump.; Reduced weight and size.  
PA: (AEGE ) AEG AG; (DAIM ) DAIMLER-BENZ AG;  
IN: KLOTZ H; WULF H;  
FA: **DE3601089-A** 21.05.1987;  
CO: DE;  
IC: F01P-003/20; H02K-009/19;  
MC: X11-J06A; X21-A01;  
DC: Q51; X11; X21;  
PR: **DE3601089** 16.01.1986;  
FP: 21.05.1987  
UP: 21.05.1987

---

BEST AVAILABLE COPY

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

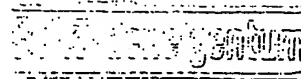


DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①1 **DE 3601089 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**H02K 9/19**  
H 02 K 9/20  
F 01 P 3/20  
// B60L 11/14

②1 Aktenzeichen: P 36 01 089.8  
②2 Anmeldetag: 16. 1. 86  
④3 Offenlegungstag: 21. 5. 87



DE 3601089 A1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦1 Anmelder:

Daimler-Benz AG, 7000 Stuttgart, DE; AEG AG, 1000  
Berlin und 6000 Frankfurt, DE

⑦4 Vertreter:

Wittner, W., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 7067 Grunbach

⑦2 Erfinder:

Wulf, Helmut, Dipl.-Ing., 7302 Ostfildern, DE; Klotz,  
Hugo, Dipl.-Ing., 1000 Berlin, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Flüssigkeitsgekühlte Elektromaschine

Die Erfindung betrifft eine flüssigkeitsgekühlte Elektro-  
maschine, die als Elektromotor ausgebildet ist und als Alter-  
nativantrieb - zusätzlich zu einem Brennkraftantrieb - eines  
Omnibusses dient. Um eine unproblematische Kühlung ei-  
nes solchen Elektromotors mit hoher Leistungskonzentra-  
tion und kleinem Bauvolumen zu bekommen, ist um den Sta-  
tor herum ein Wassermantel gelegt. Außerdem ist der Rotor  
mit einem rotorintegrierten Kühlkreislauf versehen, der ent-  
weder als Wärmerohr ausgebildet ist und mittelbar seine  
Wärme an den Kühlkreislauf abgibt oder der unmittelbar mit  
Kühlwasser beaufschlagt werden kann. Im Rotor ist eine  
Kreislumpumpe integriert, die den Dichteunterschied des kal-  
ten gegenüber dem warmen Kühlmedium zur Aufrechterhal-  
tung eines Kreislaufes ausnützt. Als Kühlmedium kann das  
gleiche Wasser verwendet werden, welches auch zur Küh-  
lung der ebenfalls auf dem Omnibus installierten Brenn-  
kraftmaschine verwendet wird.

DE 3601089 A1

BEST AVAILABLE COPY

1. Flüssigkeitsgekühlte Elektromaschine mit mehreren Kühlräumen, deren Oberflächen an die wärmeentwickelnden Teile der Elektromaschine wärmeübertragend angekoppelt sind und die fluidisch in einen zwangsweise umgewälzten rückkühlbaren Flüssigkeitskreislauf einbezogen sind, wobei dem Stator ein gegenüber dem Inneren der Elektromaschine abgetrennter im wesentlichen hohlzylindrischer Kühlraum zugeordnet ist und wobei im Inneren des Rotors ein über axiale, durch die Rotorlager hindurchragende Bohrungen in der Rotorwelle erreichbarer weiterer Kühlraum angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der statorseitige Kühlraum (17) radial außerhalb der Statorwicklung (15) liegt und durch eine geschlossene Wandung von ihr getrennt ist, derart, daß das Kühlmittel keine unmittelbare Berührung mit stromdurchflossenen Teilen (15) des Stators (13) hat und daß der rotorseitige Kühlraum (18) hermetisch verschlossen und als separates, rotierendes Wärmerohr ausgebildet und mit einem gesonderten Wärmeübertragungsmedium dotiert ist, wobei dessen wärmeabgebende Partie (22) in einen weiteren fluidisch in den Flüssigkeitskreislauf (9, 11, 12) einbezogenen Kühlraum (Dom 23) hineinragt (Fig. 2).
2. Flüssigkeitsgekühlte Elektromaschine mit mehreren Kühlräumen, deren Oberflächen an die wärmeentwickelnden Teile der Elektromaschine wärmeübertragend angekoppelt sind und die fluidisch in einen zwangsweise umgewälzten rückkühlbaren Flüssigkeitskreislauf einbezogen sind, wobei dem Stator ein gegenüber dem Inneren der Elektromaschine abgetrennter, im wesentlichen hohlzylindrischer Kühlraum zugeordnet ist und wobei im Inneren des Rotors ein über axiale, durch die Rotorlager hindurchragende Bohrungen in der Rotorwelle erreichbarer weiterer Kühlraum angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der statorseitige Kühlraum (17') radial außerhalb der Statorwicklung (15) liegt und durch eine geschlossene Wandung von ihr getrennt ist, derart, daß das Kühlmittel keine unmittelbare Berührung mit stromdurchflossenen Teilen (15) des Stators (13') hat und daß im rotorseitigen Kühlraum (18') ein Flüssigkeitskreislauf integriert ist, der eine Vielzahl flüssigkeitsdurchströmter, radial nach außen führender, nach Art eines Kreiselpumpenrades wirksamer Kanäle (25) aufweist, wobei die rotorseitige Kühlflüssigkeit axial im Inneren des Rotorkühlraumes (18') wärmeaufnehmend entlanggeführt (Kanäle 26) und vom Rotorinneren durch konzentrisch ineinanderliegende Kanäle (27) durch eines der Rotorlager (20) hindurch auf die eine Maschinenseite (Dom 23') geführt ist, wo die rotorseitige Kühlflüssigkeit (Kanäle 25, 26, 27) ihre Wärme wenigstens mittelbar an die Kühlflüssigkeit des statorseitigen Teiles (11) des Maschinenkühlkreislaufes (9) abgibt (Fig. 3).
3. Elektromaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der statorseitige (11) und der rotorseitige Teil (25, 26, 27) des Maschinenkühlkreislaufes (9) frei miteinander kommunizieren (Zulaufdüse 28, Auslaufdüse 29, Kühlkreislaufleitungen 12).
4. Elektromaschine nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die umgewälzte Kühlflüssigkeit in den Kühlkreisläufen (9, 11, 12, 25, 26, 27) im wesentlichen Wasser ist.

5. Elektromaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie als ein Elektromotor (3) zum Antrieb eines Omnibusses (1) ausgebildet ist.

6. Elektromaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkreislauf (9) für den Elektromotor (3) mit dem gleichen Medium gefüllt ist, wie der Kühlkreislauf (10) einer weiteren auf dem Omnibus (1) vorgesehenen flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine (7).

7. Elektromaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Kühlkreisläufe (9, 10) für den Elektromotor (3) bzw. die Brennkraftmaschine (7) frei miteinander kommunizieren können.

8. Elektromaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein drehzahluntersetzendes Getriebe (30) im Gehäuse des Elektromotors (3) integriert ist.

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine flüssigkeitsgekühlte Elektromaschine nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 oder 2, wie sie beispielsweise aus der US-PS 36 29 627 als bekannt hervorgeht.

Die flüssigkeitsgekühlte Elektromaschine gemäß der zitierten Literaturstelle ist ein Stromgenerator in büstenloser Ausführung. Bei der bekannten Maschine ist durch den zylindrischen Spalt zwischen Stator und Rotor eine dünne zylindrische Membran hindurchgelegt, die außerhalb des Spaltes in Stützwände übergeht. Dadurch ist ein abgeteilter Ringraum geschaffen, der den Stator vollständig, also einschließlich der Statorbleche und der Statorwicklung aufnimmt. Dieser separate Ringraum ist mit Kühlflüssigkeit beaufschlagt. Im Inneren des Rotors ist ebenfalls ein Kühlraum vorgesehen, der über Bohrungen, die durch die Rotorwelle hindurchreichen, erreichbar ist. Darüberhinaus wird der Rotor im Inneren des Maschinengehäuses der Elektromaschine mit Kühlflüssigkeit an mehreren Stellen angesprüht; desgleichen auch eine in dem Maschinengehäuse mit untergebrachte elektrische Hilfsmaschine. Nachteilig an der bekannten flüssigkeitsgekühlten Elektromaschine ist, daß es sich bei der Kühlflüssigkeit um eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit handeln muß, die darüberhinaus sorgfältig von Verunreinigungen, die die isolierende Eigenschaft der Flüssigkeit beeinträchtigen können, freigehalten werden muß. Beispielsweise dürfen keine Ionen in die Flüssigkeit hineingelangen. Nachteilig ist ferner, daß durch die in den Spalt zwischen Rotor und Stator eingezogene Membran dieser Spalt relativ groß ist, was sich nachteilig auf die Leistungsfähigkeit der Elektromaschine auswirkt. Um eine dadurch verursachte Leistungseinbuße zu kompensieren, muß die Elektromaschine insgesamt größer gebaut werden, was das Bauvolumen und das Gewicht der Elektromaschine insgesamt spürbar anhebt.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Ausgestaltung einer Flüssigkeitskühlung anzugeben, die keine besonderen Vorkehrungen bezüglich des Kühlmediums erfordert und die keine komplizierten und bauvolumenvergrößernden Folgen nach sich ziehen.

Diese Aufgabe kann erfindungsgemäß auf zweierlei Weise nämlich zum einen durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 oder zum anderen durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 2 gelöst werden. Die beiden Lösungswege unterscheiden sich im wesentlichen durch die Art der Rotorkühlung, nämlich

zum einen durch ein Wärmerohr (Anspruch 1) oder durch einem im Rotor integrierten Flüssigkeitskreislauf (Anspruch 2), wobei die in dem umlaufenden Rotor erzeugte Fliehkraft zur Umwälzung dieses Flüssigkeitskreislaufes ausgenutzt wird. Durch die räumliche Trennung der Kühlräume gegenüber dem Inneren der Elektromaschine, die vorzugsweise als Elektromotor ausgebildet ist, braucht keine Rücksicht auf die elektrischen Eigenschaften der Kühlflüssigkeit genommen zu werden, sodaß beispielsweise auch Wasser als Kühlmedium verwendet werden kann. Die beiden unterschiedlichen Arten der Rotorkühlung kommen mit einem einzigen axialen Zugang zum Rotorinneren aus, sodaß die Abtriebsseite des Elektromotors nicht mit Fluitleitungen und entsprechenden Übergangsdichtungen usw. beeinträchtigt wird. Auch hier sind die rotorseitigen Kühlräume gegenüber dem Inneren des Elektromotors getrennt, sodaß freie Wahl bezüglich des Kühlmediums besteht.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand zweier in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht auf einen wahlweise elektrisch oder durch eine Brennkraftmaschine antreibbaren Omnibus,

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Elektromotor des Omnibusses in vergrößerter Einzeldarstellung und

Fig. 3 einen Querschnitt durch ein modifiziertes Ausführungsbeispiel des Elektromotors des Omnibusses nach Fig. 1.

Der in Fig. 1 dargestellte Omnibus 1 ist durch zwei unterschiedliche Antriebssysteme antreibbar. Er trägt auf dem Dach ein Paar von Stangenstromabnehmern 2, die jedoch in der abgesenkten Stellung gezeigt sind. Sie können beim Betrieb des Omnibusses über einen Elektroantrieb an eine entsprechende Oberleitung angelegt werden. Dementsprechend ist in dem Omnibus ein Elektromotor 3 installiert, der über den Antriebsstrang 5 auf die Treibachse 4 treiben kann. Diese elektrische Antriebsart wird wegen der erforderlichen Oberleitung nur in innerstädtischen Verdichtungszonen verwendet werden, sodaß der Omnibus dort abgasfrei und geräuscharm verkehren kann. In den Außenbezirken, wo keine Oberleitung installiert ist, verkehrt der Bus hingegen durch einen Antrieb mit der Brennkraftmaschine 7, die über den Antriebstrang 6 auf die Treibachse einwirkt.

Sowohl der Elektromotor 3 als auch die Brennkraftmaschine 7 sind durch eine Kühlflüssigkeit gekühlt, die durch einen von Umgebungsluft beaufschlagbaren Kühler hindurchgepumpt wird und dort die in den Motoren aufgenommene Wärme an die Umgebungsluft abgibt.

Beiden Antriebsmaschinen, nämlich dem Elektromotor 3 bzw. der Brennkraftmaschine 7 ist je ein Kühlkreislauf 9 bzw. 10 zugeordnet, die jedoch miteinander kommunizieren und beide mit dem gleichen Medium gefüllt sind und auch beide bezüglich des Kühlers 8 parallel geschaltet sind. Der Kühlkreislauf 9 des Elektromotors ist seinerseits nochmal in zwei fluidisch parallel liegende Teile, nämlich einen rotorseitigen Teil 12 und einen statorseitigen Teil 11 des Elektro-Kühlkreislaufes unterteilt.

Zur Kühlung des Elektromotors 3 mittels Flüssigkeit sind an diesem Kühlräume geschaffen, deren Oberflächen an die Wärmeentwickelnden Teile des Elektromotors wärmeleitend angekoppelt sind. Diese Kühlräume

sind fluidisch in den Flüssigkeitskreislauf einbezogen. Und zwar ist dem Stator 13 ein gegenüber dem Innern des Elektromotors abgetrennter im wesentlichen hohlzylindrischer Kühlraum 17 zugeordnet, der radial außerhalb der Statorwicklung 15 liegt und durch eine geschlossene Wandung von ihr getrennt ist, sodaß die Kühlflüssigkeit keine unmittelbare Berührung mit der Statorwicklung 15 hat. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel liegt zwischen Statorwicklung und Kühlflüssigkeit nicht nur das Paket aus Statorblechen 16, sondern auch noch eine gesonderte Gehäusewandung. Nach außen ist der statorseitige Kühlraum 17 durch ein zylindrisches Blech begrenzt, in den die Anschlüsse für den statorseitigen Teil 11 des Kühlkreislaufes einmünden. Aufgrund des guten Wärmeüberganges zwischen einer strömenden Flüssigkeit und der begrenzenden Wandung können auf diese Art hohe Wärmebeträge abgeführt werden.

Der Rotor 14 des Elektromotors 3 nach Fig. 2 ist über den rotorseitigen Teil 12 des Kühlkreislaufes mittelbar an den Elektro-Kühlkreislauf 9 angeschlossen. Und zwar ist der Kühlraum 18 des Rotors als sogenanntes Wärmerohr ausgebildet, dessen grundsätzliche Ausgestaltung und Wirkungsweise hier als bekannt vorausgesetzt werden kann. Der in seiner Form keulenartig ausgebildete Kühlraum 18 des Rotors erstreckt sich mit seinem stielartigen einen Teil durch eines der beiden Rotorlager 19 und 20, nämlich durch das rückseitige Rotorlager 20 hindurch. Der wärmeaufnehmende Teil 21 des Wärmerohres liegt innerhalb des Rotors 14 und steht über eine kurze wärmeleitende Strecke mit den wärmeentwickelnden Teilen des Rotors in Verbindung. Der wärmeabgebende Teil 22 des Wärmerohres erstreckt sich — wie gesagt — jenseits des rückseitigen Rotorlagers 20 innerhalb eines von Kühlwasser beaufschlagbaren Domes 23, der ebenfalls einen kühlwasserbeaufschlagten Kühlraum umschließt. Der sich in diesen Dom 23 hinein erstreckende hohle Rotorzapfen ist an der Außenseite mit mehreren Kühlrippen 24 versehen, die eine Vergrößerung der wärmeabgebenden Oberfläche auf etwa den gleichen Betrag wie die innere Oberfläche des wärmeaufnehmenden Teiles 21 des Wärmerohres bewirken. Der im Innern des Domes 23 geschaffene Kühlraum ist zum Inneren des Lagerschildes und des Elektromotors selber über Dichtungen 31 sorgfältig abgedichtet.

Die Wirkungsweise der Rotorkühlung ist nun kurz folgende: Das im Innern des Rotors konstruktiv geschaffene Wärmerohr ist mit einer kleinen Menge von Wärmeübertragungsmedium gefüllt, das sich aufgrund des Fliehkrafteinflusses und der bewußt konischen Gestalt der rotationssymmetrischen Hohlräume in Richtung zum Rotor 14 hinbewegt. Aufgrund der Wärmeentwicklung des Rotors verdampft die am Außenumfang des rotorseitigen Kühlraumes 18 befindliche Flüssigkeit und der Dampf breitet sich gleichmäßig in dem Wärmerohrhohlraum aus und gelangt auf diese Weise zumindest teilweise zu dem wärmeabgebenden Teil 22 des Wärmerohres, der intensiv gekühlt ist. An dieser kalten Stelle kondensiert das Wärmeübertragungsmedium wieder und fließt aufgrund des Fliehkrafteinflusses in den Rotor 14 zurück. Entscheidend bei der Aufrechterhaltung des Kondensatrücklaufes in den Rotor ist die bereits erwähnte konische sich zum Rotor hin erweiternde Gestaltung der inneren Oberfläche der Hohlräume. Aufgrund des Fliehkrafteinflusses ist eine bei Wärmeröhren sonst übliche Dochtstruktur entbehrlich. Nachdem relativ hohe Drehzahlen während des Betriebes des Elek-

tromotores auftreten, funktioniert der Kondensatrücklauf auch dann, wenn — beispielsweise aufgrund einer geländebedingten Schräglage des Fahrzeuges und des Elektromotors — der wärmeabgebende Teil 22 in Bezug auf die Schwerkraftichtung tiefer liegen sollte als der Wärmeaufnehmende Teil 21 des Wärmerohres.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel des Elektromotors ist die Statorkühlung gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 insofern etwas verändert, als bei diesem Ausführungsbeispiel die Blechpakete 16 des Stators unmittelbar mit Kühlflüssigkeit beaufschlagt sind; der statorseitige Kühlraum 17' grenzt also unmittelbar an die Bleche 16 des Stators 13'.

Der wesentliche Unterschied des Ausführungsbeispiels nach Fig. 3 liegt jedoch in der Ausgestaltung des Kühlraumes 18' in dem Rotor 14', der flüssigkeitsgekühlt ist und in dem ein Kühlkreislauf integriert ist. Auch der rotorseitige Kühlraum 18' des Rotors 14' im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 hat Keulenform mit einem großen Hohlraum im unmittelbaren Rotorbereich und einem stielartigen schlanken Ansatz im Bereich des rückseitigen Wellenzapfens, der sich durch das rückseitige Rotorlager 20 hindurch erstreckt. Allerdings ist der rotorseitige Kühlraum 18' weitgehend ausgefüllt durch einen Füllkörper aus einem möglichst leichten Baustoff bzw. aus einer leichten Konstruktion, wozu beispielsweise ein Verbund aus Kunststoff und Schaumstoff vorgesehen sein kann. Der Füllkörper hat ebenfalls Keulenform und füllt den rotorseitigen Kühlraum 18' nahezu vollständig bis auf periphere Strömungskanäle aus. Im Bereich des Außenumfanges des rotorseitigen Kühlraumes 18' verbleiben lediglich noch axial gerichtete Strömungskanäle 26, auch ist der Füllkörper in axialer Hinsicht etwas kürzer als der rotorseitige Hohlraum, sodaß auch an den Stirnseiten Strömungsmöglichkeiten verbleiben. Der stielartige Ansatz an dem keulenförmigen Füllkörper ist in Form eines Rohres ausgebildet, dessen lichter Strömungsquerschnitt sich durch den gesamten Füllkörper hindurcherstreckt und an der gegenüberliegenden Stirnseite strömungsgünstig ausmündet. An dieser Stelle trägt der Füllkörper eine Vielzahl radial stehender Rippen oder Schaufeln, die nach Art der Schaufeln eines Kreiselpumpenrades ausgebildet sind und auch eine ähnliche Wirkung übernehmen sollen. Sie bilden gemeinsam mit den Wandungen des Rotors eine Vielzahl radial stehender Förderkanäle 25. Die beiden sich axial durch den rückseitigen Rotorwellenzapfen und das entsprechende Lager 20 hindurcherstreckenden Strömungskanäle 27 liegen konzentrisch ineinander, wobei der zuströmseitige Kanal, der mit den radial stehenden Förderkanälen 25 unmittelbar verbunden ist, radial in der Mitte liegt und von dem Ablaufkanal umgeben ist. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der geschilderte im Rotor 14' integrierte rotorseitige Anteil des Kühlkreislaufes offen im Hinblick auf den sonstigen Kühlmittelumlauf, das heißt diese Kanäle münden frei in den innerhalb des Domes 23' befindlichen Kühlflüssigkeitsraum, der über die Leitungen 12 mit dem übrigen Kühlkreislauf 9 verbunden ist. Die zulaufseitig ins Innere des Domes 23' hineinführende Kühlwasserleitung 12 trägt eine gleichachsig zur Rotorachse gerichtete Zulaufdüse 28, die in eine entsprechende trichterartige Aufweitung des inneren Zulaufrohres hineinragt. Der rohrartige Rotorwellenzapfen, der dieses Rohr umgibt, ist im Endbereich trompetenartig aufgeweitet und bildet dadurch eine Auslaufdüse 29. Im Bereich der radialen Erweiterung können zweckmäßigerweise radiale Rippen oder Schaufeln angeordnet

sein, die beim Rotorumlauf ähnlich wie eine Kreiselpumpe wirken und einen Auslauf der Kühlflüssigkeit aus dem Rotor begünstigen.

Die Wirkungsweise des rotorintegrierten Kühlkreislaufes ist nun kurz folgende: das in dem Leitungsnetz des Kühlkreislaufes enthaltene Kühlmedium wird durch wenigstens eine zentrale Pumpe ohnehin in Richtung der Strömungspfeile umgewälzt. Dadurch tritt Kühlflüssigkeit in den zentralen Strömungskanal der beiden Kanäle 27 ein und in den Mittelnbereich der radial stehenden Förderkanäle 25. Aufgrund des hochturgigen Rotorumlaufes entsteht eine intensive Pumpwirkung, die das Kühlmedium am Außenumfang des rotorseitigen Kühlraumes 18' in den Längskanälen 26 entlang führt, wo diese die rotorseitige Verlustwärme aufnehmen und abführen. Aufgrund der Erwärmung dehnt sich die Flüssigkeit zumindest geringfügig aus; ihr spezifisches Gewicht ist dadurch geringer als das der zulaufenden kalten Kühlflüssigkeit. Aufgrund dessen ist die durch die radialen Förderkanäle 25 geschaffene "Kreiselpumpe" in der Lage, die Kühlflüssigkeit entgegen der Fliehkraftwirkung auch wieder radial nach innen zu pumpen. Nicht nur das geringere spezifische Gewicht des zu fördernden Mediums erleichtert die der Fliehkraft entgegengerichtete zentripetale Strömung, sondern auch die Tatsache, daß der zentripetal gerichtete Strömungsweg geringer ist als der mit der Fliehkraftichtung übereinstimmende zentrifugale Strömungsweg. Diese Tatsache ist dadurch begründet, daß der abströmende Kanal radial außerhalb des Zulaufkanales liegt. Im übrigen ist durch die bereits angesprochene Pumpwirkung innerhalb der Auslaufdüse 29 eine weitere Förderwirkung geschaffen, die einen Strömungsmittelumlauf innerhalb des Rotors im Sinne der Strömungspfeile begünstigt. Durch die Rotorintegrierten "Kreiselpumpen" und durch die Dichteunterschiede des Kühlmediums auf der Zulaufseite bzw. auf der Ablaufseite wird ein intensiver Kühlmitteldurchlauf erzielt, der eine entsprechend gute Kühlung des Rotors 14' bewirkt.

Denkbar wäre es auch, das rotorintegrierte Kühlsystem gegenüber dem sonstigen Kühlmittelumlauf abzuwandern. Bei einer solchen denkbaren Konstruktionsvariante müßten die beiden Kanäle 27 kurzgeschlossen sein und dürften keine Verbindung zum Inneren des Domes 23' haben; allerdings sollte eine relativ große Oberfläche an dem äußeren Rohr, ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2, auch bei dieser denkbaren Ausgestaltungsvariante zur Verfügung stehen, um einen guten Wärmeübergang von dem rotorintegrierten geschlossenen Kühlkreislauf zu dem kühlwasserbeaufschlagten Inneren des Domes 23' zu bekommen. Auch bei einem solchen geschlossenen rotorintegrierten Kühlkreislauf würde aufgrund der rotorintegrierten "Kreiselpumpe" und aufgrund des Dichteunterschiedes des im Rotor befindlichen Kühlmediums auf der kalten gegenüber der warmen Seite ein intensiver Kühlmittelumlauf während des Rotorbetriebes stattfinden.

Abschließend sei noch erwähnt, daß das Drehzahlniveau des Elektromotors 3 relativ hoch liegt, wodurch es zu einer Leistungskonzentration und zu einer Reduzierung des Bauvolumens kommt, sodaß der Elektromotor unterhalb des Bodens eines Omnibusses eingebaut werden kann. Die hohe Leistungskonzentration bedingt die bereits beschriebene intensive Kühlung des Elektromotors und außerdem eine anschließende Drehzahlreduzierung, um auf die bei dem genannten Anwendungsfall üblichen Drehzahlen herunter zu kommen. Bei den

dargestellten Ausführungsbeispielen ist diese Drehzahl-  
reduzierung durch ein im Gehäuse des Elektromotors  
integriertes Untersetzungsgetriebe 30 in Form eines  
Planetenradgetriebes geschaffen. Bei dem dargestellten  
Ausführungsbeispiel ist das zentrale Sonnenrad des Pla-  
netenradgetriebes mit der Rotorwelle verbunden und  
der Planetenträger ist feststehend angeordnet. Der Ab-  
trieb erfolgt an dem äußeren Zentralrad.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

3601089

Num 16 2

Number:

36 01 089

Int. Cl. 4:

H 02 K 9/19

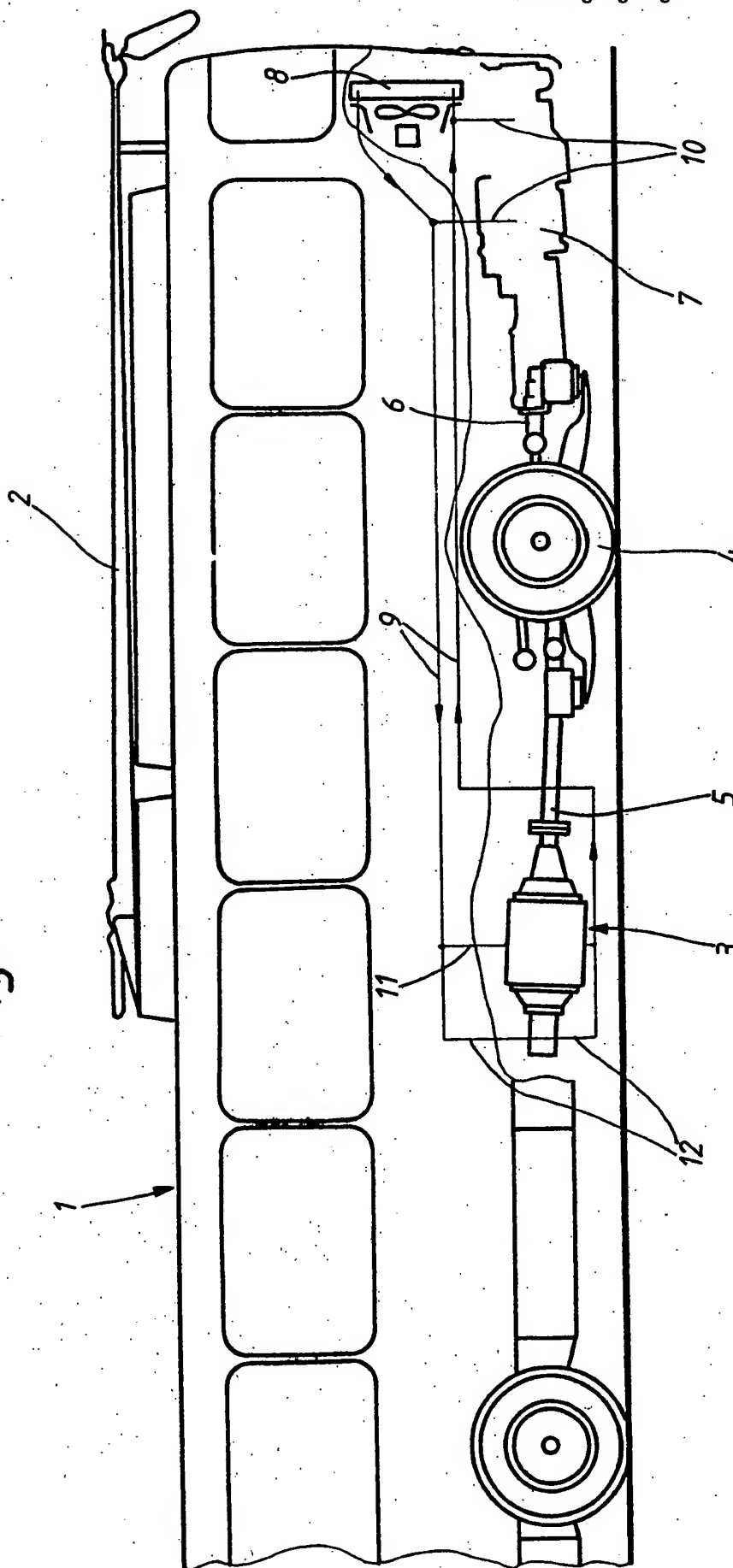
Anmeldetag:

16. Januar 1986

Offenlegungstag:

21. Mai 1987

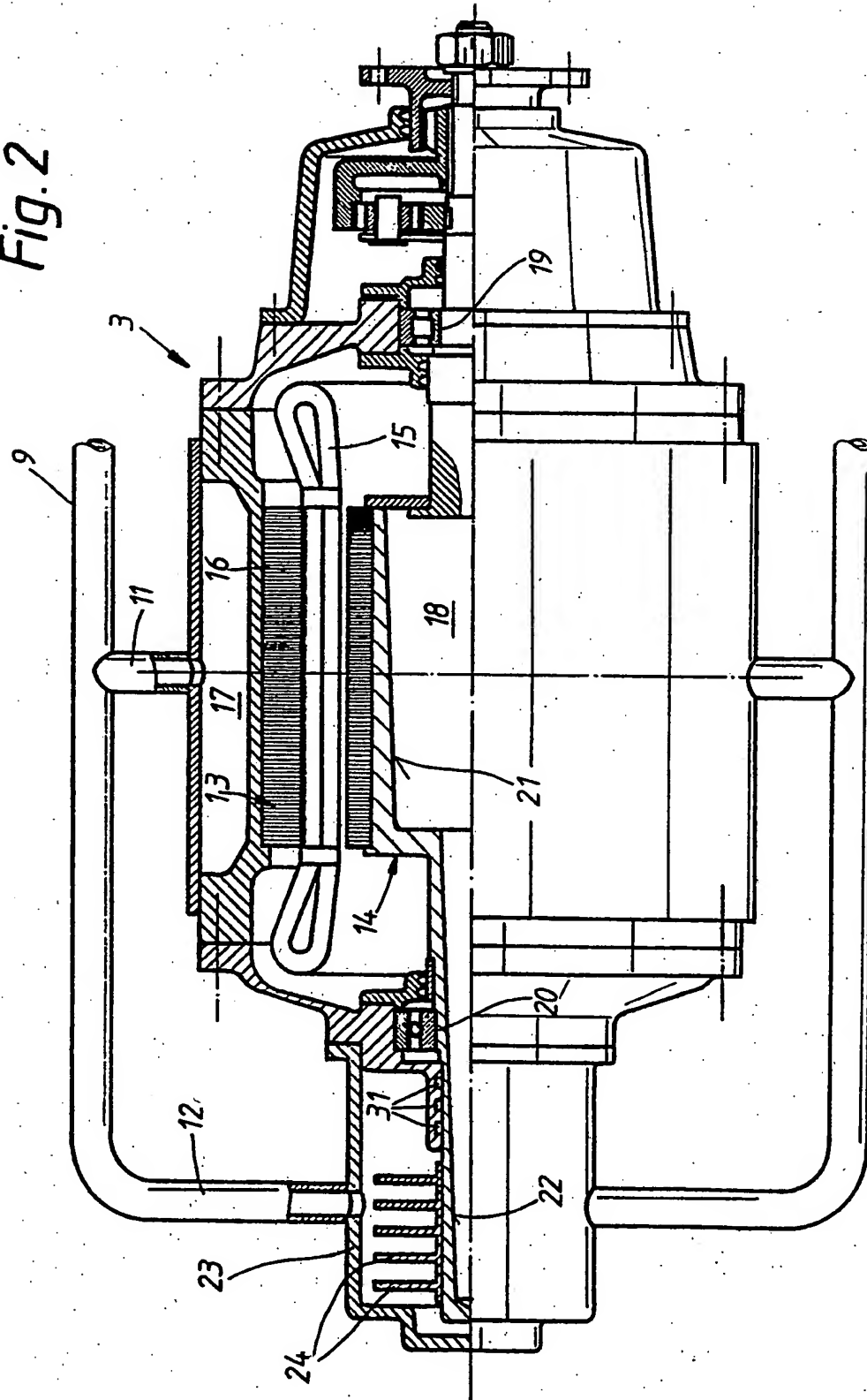
Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY

3601089

Fig. 2



BEST AVAILABLE COPY



